云 南 植 物 研 究　1993; **15** (4): 339—345
Acta Botanica Yunnanica

云南潞江坝怒江干热河谷植物区系研究

曹 永 恒

(云南省国土资源研究室，昆明 650041)

摘要 潞江坝 1300 m 以下干热河谷地区计有种子植物(不包括栽培)81 科，259 属，361 种，其中的肠须草属(*Enteropogon*)，为云南未见记录的属。本植物区系明显是热带性质，热带、亚热带科占 51.2%，热带属 77.6%；一些属种与印度、非洲甚至美洲稀树草原相同或相似。这意味着该植物区系在起源和联系上较古远，具有古南大陆的残余背景。C_4 禾本科植物的分布与气候有一定的相关性，本文认为这类植物的多少可以作为生境干热程度的指标之一。

关键词 干热河谷；植物区系；C_4 禾本科植物；聚类分析

A RESEARCH ON THE FLORA OF NUJIANG DRY–HOT VALLEY IN LUJIANGBA OF YUNNAN

CAO Yong–Heng

(*Territorial Resources Research Office, Yunnan Province,* Kunming 650041)

Abstract The recorded number of the seed plants (besides planting)found in Lujiangba dry–hot valley which is below 1300 m amount to 361 species belonging to 259 genera of 81 families. Among them, *Enteropogon* is found in Yunnan for the first time. The flora, which has 51.5% tropical and subtropical families and 77.6% tropical genera, is obviously a tropical one, and it has close connection with the flora of pantropic, old world tropics, tropical Asia and tropical America.It means that the origin and connection with other tropical flora is quite ancient, reflecting the relict background of Gondwana flora. The distribution of C_4 Gramineae plant has some links with climate, in this paper the writer points out that the number of this kind of plants can be used as one of the index to reflect the environmental dryness and hotness.

Key words Dry–hot valley; Flora; C_4 Gramineae plant; Agglomerative analysis

潞江坝是云南著名的干热河谷之一，现已成为小粒咖啡、芒果、胡椒等热带作物的重要产地。长期的开发利用，已使河谷生态系统遭受不同程度的破坏。本文在实地调查的基础上，对潞江坝干热河谷植物区系作了初步研究，旨在探讨该区的区系组合特征，为当地生态系统的恢复和热区的深层开发建设提供较详细的基础资料。

一、环境概况

* 国家自然科学基金资助项目

1992–04–21 收稿，1992–08–04 修回

潞江坝位于保山市的西南部，怒江的中下游。江面海拔 670 m，从河床阶地向两侧延伸为低山、中山，相对高差在 2000 m 左右。地形下陷、深切，呈南北向狭长盆地。本研究主要涉及道街、坝湾、芒宽三乡海拔 1300 m 以下的河谷地区，即约北纬 24°59′，东经 98°53′ 附近的阶地、山坡。

本区在大地理单元上属印度洋西南季风区，干湿季非常明显。天气系统主要受西风南支急流和西南季风的控制，这两支气流的更替本身已构成季节性干旱，是本区干热的基本原因；深陷封闭的地形所产生的背风雨影作用、焚风效应、辐射效应却使这种干燥更趋严重，是本区干热的主要原因。据对潞江坝气象站 28 年气候资料统计，年太阳总辐射 579.7kJ／cm^2；年均温 21.5℃，最冷月均温 13.9℃，最热月均温 26.4℃，极端最低温 0.2℃，极端最高温 40.4℃，≥10℃积温 7800℃；年降水量 751.4 mm，雨季（5—10 月）降水量 618.6 mm，占年降水量的 82%，干季（4—11 月）降水量 132.8mm，只占年降水量 18%；年均干燥度 1.9。土壤以燥红壤为主。植被主要为稀树灌木草丛。由此可以认为，本区气候为南亚热带向热带过渡的干热河谷气候。与世界热带稀树草原的一般气候指标[1]相比，光能接近，降水偏少，只是温度偏低，这说明潞江坝干热河谷气候和热带稀树草原气候是近似的。

二、区系组成

1. 科属种组成

潞江坝 1300 m 以下干热河谷地区计有蕨类以上高等植物 107 科，349 属，481 种(包括变种)。其中蕨类植物 8 科， 8 属，10 种；种子植物 99 科，341 属，471 种。除去栽培的，尚有野生物种 81 科，259 属，361 种。从种子植物的种数看，少于昆明西山地区（920 种），更少于西双版纳地区（3663 种），而和元谋（502 种）、巧家（508 种）等干热河谷地区较接近。

在种子植物区系的 81 个科中，禾本科有 55 种，占全部种数的 15.2%，数量最多。其次是蝶形花科，有 32 种，占总种数的 8.7%。种数在 10 种以上的共 7 科，1 科 1 种的共 33 种。从统计看，优势科突出，含单种的科较多（表 1）。这种特殊的区系组成是干热环境的一个特征，元谋、巧家、南涧等干热河谷地区也有类似的特点。

表 1 潞江坝干热河谷地区种子植物区系分类统计

Table 1 A classified statistics of seed plant flora of Nujiang dry-hot valley in Lujiangba

项目	10 种以上	5—9 种	2—4 种	单种	合计
科数	7	15	26	33	81
占总科数和百分数(%)	8.6	18.5	32.1	40.7	100
种数	162	95	71	33	361
占总种数的百分数(%)	44.9	26.3	19.7	9.1	100

2. 分布区类型组成

从种子植物科的分布区类型统计看，热带、热带到亚热带科占大多数，共 51 科，占全部科的 51.5%；世界分布科次之，有 24 科，占 24.2%；热带到温带科居三，有 19 科，占 19.2%；温带科最少，仅 5 科，占 5.1%。当然，科包含的分类群太多，对分布区的性质表现意义并不很大。

统计种子植物区系 259 个属的分布区类型[2]表明，世界分布有 25 属，占总属数的 9.7%；热带成分(序号 2—7)有 201 属，占 77.6%；温带成分(序号 8—14)有 32 属，占 12.3%；中国特有 1 属，仅占 0.4%(表 2)。显然，潞江坝干热河谷植物区系明显是热带性质。

在 201 个热带分布属中，最多的是泛热带分布类型，计 107 属，占总属数的 41.3%。其中的扭黄茅

(*Heteropogon*)、孔颖草（*Bothriochloa*)、和叶下珠（*Phyllanthus*)，数量最多，分布最广。构成当地植被的主体；还有榄仁树（*Terminalia*）和马蹄果（*Protium*)，计有诃子（*T. chebula*)、滇榄仁（*T. francheti*)、薄叶滇榄仁（*T.* f. var.*membranifolia*）和马蹄果（*P. serratum*）4个种和变种，为当地的标志种。此外，热带亚洲至热带美洲分布的有11属，占4.2%，常见的有仙人掌（*Opuntia*）和山芝麻(*Helicteres*)，前者为肉质多刺灌丛的建群植物。旧世界热带分布的有24属，占9.3%，其中的拟金茅(*Eulaliopsis*)、合欢（*Albizia*)、虫豆（*Atylosia*)、千斤拔（*Flemingia*）和白叶藤（*Cryptolepis*）等，分布可由热带延伸到亚热带乃至温带。热带亚洲至热带大洋洲分布的有13属，占5.0%，其中有滇南常见的水锦树（*Wendlandia*)。热带亚洲至热带非洲分布有23属，占8.9%，主要有黄背草（*Themeda*)、木棉（*Bombax*)、沙针（*Osyris*)、虾子花（*Woodfordia*）和苞茅（*Hyparrhenia*)，这些属也多是非洲稀树草原的优势或常见成分。热带亚洲（印度－马来西亚）分布的也有23属，如伊桐（*Itoa*)、一担柴(*Colona*)、破布木（*Microcos*)、酸豆（*Tamarindus*)、构树（*Broussonetia*)、麻楝（*Chukrasia*)、黄杞(*Engelhardtia*）等，这些属在我国多扩张到亚热带地区。

温带成分以北温带分布属最多，共15属，占种属数的5.8%，常见的有羊胡子草（*Eriophorum*)、蒿(*Artemisia*)、桑（*Morus*)、盐肤木（*Rhus*）等，这些属的原始类型或分布中心虽在北温带，但由于历史或地理的原因，它们已沿山脉延伸到亚热带、热带地区。其他温带成分共17属，分布也有类似的特点。

三、分析和讨论

1. 含单种的科属

前已述及，潞江坝干热河谷含单种的科（非区系学上的单种科）较多。其实，本区含单种的属（非区系学上的单种属）也不少。为何干热河谷地区含单种的科属较多，原因尚待探讨。就潞江坝而言，对这些科属从种分析，有些是广布成分，多为伴人杂草，如藜科的土荆芥（*Chenopodium ambrosioides*)、毛茛科的回回蒜（*Ranunculus chinensis*)、酢浆草科的酢浆草（*Oxalis corniculata*)；有些是滇中高原习见成分，如檀香科的沙针（*Osyris wightiana*)、木樨科的女贞（*Ligustrum lucidum*)；更多的是干热河谷环境的常见种类和季雨林成分，如仙人掌科的仙人掌（*Opuntia monacantha*)、千屈菜科的虾子花(*Woodfordia fruticosa*)、景天科的落地生根（*Bryophyllum pinnatum*)、紫茉莉科等黄细心（*Boerhavia diffusa*)、柿树科的毛叶柿（*Diospyros mollifolia*)、橄榄科的马蹄果（*Protium serratum*)、木棉科的木棉(*Bombax ceiba*)、漆树科的厚皮树（*Lannea coromandelica*)、省沽油科的山香园（*Turpinia montata*）和梧桐科的昂天莲（*Ambroma augusta*)。可见，这类区系倒反映了环境的特点。

2. C_4 禾本科植物的指示意义

本区属种最多的禾本科，按其地理分布、系统演化和生理生态特征[3]，55%的属中含有 C_4 植物种类，例如狗牙根(*Cynodon*)、马唐（*Digitaria*)、狗尾草（*Setaria*)、白茅（*Imperata*)、孔颖草(*Bothriochloa*）和双花草（*Dichanthium*）等。这类植物都是热带植物，净生产率高，光呼吸弱，光饱和点高，适于在高温、高光强度和高蒸发率的条件下进行光合作用，[1,4]。这种生理机制是对干热环境的一种成功的适应[3]。从日本禾本科植物的分布看，发现 C_4 植物所占有的比例从北海道的石胜为21.6%，到石坦岛为82.6%，随南下而变高，与纬度和年平均温度成极高的相关性[5]。在判断热带稀树草原气候上，C_4 禾本科植物的多少也是一个重要方面[1]。根据长谷川和奥田对 C_3 和 C_4 型作物的分布和气候的关系的研究，表明前者以寒冷地区、明显干燥地区（如小麦）和高温多雨地区（如水稻）较多，后者以高温、较干燥的地区较多[5]。看来，C_4 禾本科植物的多少可以作为生境干热程度的指标之一。潞江坝这类植物较多，反映了生境的干热。

表2 几个地区的种子植物

Table 2 The areal-type formation of the

地 区	潞江坝		元 谋①		昆明地区①		会泽大海①		易门绿汁江十街河②	
分布区类型 比例	属数	占%	属数	占%	属数	占%	属数	占%	属数	占%
1. 世界分布	25	9.7	32	12.0	80	12.3	25	13.9	16	10.2
2. 全热带分布	107	41.3	98	36.9	111	1.7	5	2.8	39	24.8
3. 热带亚洲至热带美洲间断分布	11	4.2	6	2.3	10	1.5	0	0	8	5.2
4. 旧世界热带分布	24	9.3	25	9.4	33	5.1	1	0.6	17	10.8
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	13	5.0	6	2.3	20	3.1	0	0	6	3.8
6. 热带亚洲至热带非洲分布	23	8.9	19	7.1	43	6.5	2	1.1	17	10.8
7. 热带亚洲(印–马)分布	23	8.9	15	5.6	36	5.5	0	0	13	8.3
8. 北温带分布	15	5.8	25	9.4	139	21.2	93	51.6	19	12.1
9. 东亚和北美洲间断分布	4	1.5	6	2.3	40	6.1	6	3.3	3	1.9
10. 旧世界温带分布	4	1.5	14	5.3	44	6.7	18	10	5	3.2
11. 温带亚洲分布	1	0.4	2	0.7	7	1.1	2	1.1	2	1.3
12. 地中海、西亚至中亚分布	1	0.4	2	0.7	5	0.8	0	0	3	1.9
13. 中亚分布	0	0	1	0.4	1	0.2	0	0	1	0.6
14. 东亚分布	7	2.7	12	4.5	64	9.8	25	13.9	6	3.8
15. 中国分布	1	0.4	3	1.1	20	3.1	3	1.7	2	1.3
合 计	259	100	266	100	653	100	180	100	157	100
聚类代号	1		2		3		4		5	

①欧晓昆. 元谋干热河谷的植被及植物区系. 云南大学生态学与地植物学研究所硕士论文, 1986.

②陈洁. 易门绿汁江十街河河谷植被的研究. 云南大学生态学与地植物学研究所硕士论文, 1987.

③苏文华. 鸡足山常绿阔叶林的群落学分析. 云南大学生态学与地植物学研究所硕士论文, 1987.

④据四川省林业研究所(1975)"金沙江干热河谷渡口地区荒山造林研究集刊"附的植物名录统计.

3. 潞江坝干热河谷植物区系和其它地区植物区系的联系

(1) 与西双版纳地区的联系 呈北向南流向的怒江, 在潞江坝以下山体渐散开, 河谷渐开阔, 有热带季雨林、雨林分布。这样, 热带植物可以溯河谷向北楔入, 这与潞江坝多热带区系不无关系。和西双版纳地区植物区系[6]相比, 潞江坝种子植物的234个属中有205个属也见在西双版纳地区不同生境下分布, 属相似性系[7]数达87.6%, 两地区关系比较接近。但是, 西双版纳地区属数多, 且以热带亚洲分布属为主, 而潞江坝干热河谷地区属数少, 以全热带分布属为主。从这点看, 两地区系又有差异。

在两地不相同的成分中, 潞江坝有云南过去未见报道的肠须草 (*Enteropogon dolichostachyus*); 更多的还有干热河谷的标志种类, 如黄细心; 孔颖草 (*Bothriochloa pertusa*)、银丝草 (*Evolvulus alsinoides* var. *decumbens*)、双花虱子草 (*Tragus biflorus*) 和三芒草 (*Aristida adscensionis*) 等; 以及干热环境的常见种类, 如臂形草 (*Brachiaria eruceformis*)、双花草 (*Dichanthium annulatum*)、龙爪茅 (*Dactyloctenium aegyptium*)、拟金茅 (*Eulaliopsis binata*) 和草沙蚕 (*Tripogon bromoides*) 等。可见, 在相同的热区中干热河谷区系有其自身的特殊性, 而这种区系的特殊性正好反映了生境的特殊性。

(2) 与云南其它地区的联系 这里本文引入系统聚类法, 以求通过对潞江坝和其它植被近似或非近似地区的种子植物属的分布区类型组成 (表2) 的聚类分析, 探讨潞江坝植物区系与这些地区植物区系的联系。

属的分布区类型组成

seed plant genus in some areas

宾川鸡足山③		四川渡口地区④		巧家⑤		六库⑥		南涧⑦		西双版纳大勐笼⑧	
属数	占%	属数	占%	属数	占%	属数	占%	属数	占%	属数	占%
15	10.3	34	12.1	35	14.5	26	9.5	29	12.4	5	2.1
20	15.3	56	20	70	29.0	104	37.3	90	38.6	59	24.6
5	3.8	8	2.9	8	3.3	9	3.3	8	3.4	11	4.6
7	5.3	21	7.5	18	7.5	27	9.8	18	7.7	33	13.8
7	5.3	10	3.6	8	3.3	9	3.3	7	3.0	27	11.3
9	6.9	14	5	22	9.1	19	6.9	21	9.0	18	7.5
12	9.2	24	8.6	15	6.2	21	7.6	10	4.3	78	32.5
39	29.8	55	19.6	29	12.0	28	10.2	22	9.4	0	0
10	7.6	14	5	8	3.3	11	4	4	1.7	5	2.1
5	3.8	12	4.3	13	5.4	11	4	9	3.9	2	0.8
2	1.5	2	0.7	1	0.4	1	0.4	2	0.9	0	0
2	1.5	2	0.7	2	0.8	3	1.1	2	0.9	0	0
0	0	0	0	1	0.4	1	0.4	0	0	0	0
13	9.9	26	9.3	11	4.7	5	1.8	9	3.9	2	0.8
0	0	2	0.6	0	0	0	0	2	0.9	0	0
146	100	280	100	241	100	275	100	233	100	240	100
6		7		8		9		10		11	

⑤曹敏. 巧家金沙江干热河谷植被的研究. 云南大学生态学与地植物学研究所硕士论文. 1987.

⑥陶金. 云南怒江河谷六库段植被和植物区系初步研究. 云南大学生态学与地植物学研究所硕士论文. 1991.

⑦李云良. 云南元江上游干热河谷植被和植物区系的初步研究. 云南大学生态学与地植物学研究所硕士论文. 1991.

⑧据中国科学院昆明生态研究所吴邦兴"西双版纳热带雨林植物区系组成初步分析"（云南植物研究， 1985； 7 (1): 25—48)

将各类分布区类型所占的百分数用

$$D_{ij} = (1 - \sum_{i=1}^{11} \frac{\left|X_{it} - X_{jt}\right|}{X_{it} + X_{jt}}) \times 100$$

式中, D_{ij} 表示 i 地区和 j 地区植物区系分布类型组成的相似百分数; X_{it} 表示 i 地区 t 分布区类型所占的百分比; X_{jt} 表示 j 地区 t 分布区类型所占的百分比

计算出地区间植物区系分布区类型的相似百分数，然后用平均距离法（Average Linkage）[8] 进行系统聚类，得聚合树状图（图 1)。可以看出，在相似百分数达 75%左右时，可将 10 个地区聚为 4 类：元谋、巧家、六库、潞江坝、南涧、易门六汁江十街河 6 个干热河谷地区为第一类；昆明、宾川鸡足山 2 个亚热带常绿阔叶林地区为第二类；西双版纳大勐笼热带雨林区为第三类；会泽大海亚高山草甸地区为第四类。用最长距离法（Complete Linkage）[8] 聚类的结果（图略）也与此相似。这说明，潞江坝干热河谷地区植物区系的分布区类型组成和元谋、巧家、六库、南涧、易门六汁江十街河较接近，而与昆明、宾川鸡足山、西双版纳大勐笼、会泽大海渐不同。区系对比进一步说明，分布区类型组成的这种聚合关系事实上还反映了这些地区间植物区系的亲疏程度。

一般说来，就小范围来讲，用种子植物属的分布区类型组成来进行系统聚类，其聚合关系可以反映生境的相似程度和植物区系的亲疏程度。而就大范围来讲，由于同样比例的分布区类型组成可能是由相似程度不同的属来组成，其聚合关系未必就是植物区系的亲疏关系。但是，植物区系也是环境条件的反映，相同的分布区类型表征相似的地理起源。因此，分布区类型组成聚为同一类的地区其环境条件必然有较大的一致性。其聚合关系仍能反映生境的相似程度。

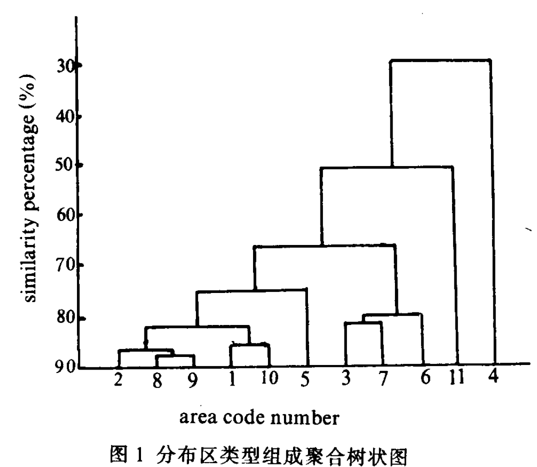


图1 分布区类型组成聚合树状图

Fig. 1 The agglomerative dendrogram of the areal-type formation

(3) 与世界干热地区的联系 本区植物区系既受地史因素的控制，又受近代极其多样的自然、人为因素的影响，在漫长的植物演进中，不仅同邻近地区的植物区系发生各种途径的交流，而且还与世界某些地区的有关区系发生地理上的联系。

印度的稀树草原，分四大类型，各类的区系成分不同程度地与潞江坝干热河谷地区相同。其中，Chandraprabha Sanctuary 的"人与生物圈计划"稀树草原研究站的稀树草原群落，植物区系[9]较贫乏，仅29科，60属，64种。其中非世界属58个，有33个与潞江坝相同，属相似性系数[7]达56.9%，可见两地植物区系关系亲近。此外，潞江坝一些属种往往也见于印度南部落叶林、多刺丛林[10]。这都说明潞江坝植物区系与印度干热地区有联系。

本区植物区系和热带非洲、美洲稀树草原植物区系的联系也是明显的。潞江坝的一些属种，如扭黄茅（*Heteropogon*）、厚皮树（*Lannea*）、三芒草（*Aristida*）、木棉（*Bombax*）、丁葵草（*Zornia*）、金合欢（*Acacia*）、黍（*Panicum*）、柿（*Diospyros*）、大戟（*Euphorbia*）、合欢（*Albizia*）、扁担杆（*Grewia*）和白茅（*Imperata*）等，往往也是非洲稀树草原[11]的常见成分或优势种类，有些还见于热带美洲稀树草原[12]。正如 J. C. Menaut "在非洲稀树草原植被"一文[11]中所指出的："热带非洲和亚洲、甚至美洲的植物区系的亲缘关系是明显的。因为这三个大陆的泛热带种类较少，特有科属较多。其原因不仅仅是物种的人为传播和自然扩张，而且还有非常古老的全热带陆地的联系"。

四、结论

1. 潞江坝1300 m以下干热河谷植物区系明显以热带成分为主，其中特多全热带成分，其次为旧热带、热亚、热亚–热非成分，这意味着本植物区系在起源和联系上较古远，具有古南大陆的残遗背景。

2.本区季雨林成分较多，局部地段尚有季雨林片段残存，而当地主体植被的某些优势成分（如扭黄茅）和标志成分（如厚皮树、滇榄仁、虾子花、丁葵草以及多种禾草等）又与印度、非洲甚至美洲稀树草原相同或相似，这种区系上的混杂性意味着本区植被主要由河谷季雨林长期破坏所至，目前较典型的稀树灌木草丛植被类型可以认为是次生性稀树草原或半自然稀树草原。

3.本区有刺种类出现较多，这是植物长期适应干热气候的结果。其中常见的缅枣（*Zizyphus mauritiana*）、金合欢（*Acacia farnesiana*）和仙人掌（*Opuntia monacantha*），在印度次大陆、缅甸中部干热河谷也有分布，它们可能是热带亚洲及某些干热河谷的自身成分。

4.本区出现的滇榄仁（*Terminalia franchetii*）及其变种薄叶滇榄仁（*T. f.* var. *membranifolia*），原认

为是红河、金沙江间断分布，曾作为红河、金沙江"河流袭夺"的推测的佐证之一*。现在看来，用它们作这种推测的证据是不成立的。

5. C_4 禾本科植物的分布与气候有一定的相关性，其多少可以作为生境干热程度的指标之一。潞江坝这类植物较多，反映了生境的干热。

6. 聚类分析表明，潞江坝干热河谷地区种子植物属的分布区类型组成和云南其它干热河谷相似，而与亚热带常绿阔叶林、热带雨林、亚高山草甸地区渐不同。分布区类型组成的这种特点是与生境的相似程度相适应的，不难看出该结论的合理性。这从一个侧面论证了吴征镒先生关于"中国种子植物属的分布区类型"划分的科学性。

致谢 本文承导师金振洲教授审阅，并提出了不少宝贵意见。

参 考 文 献

[1] Nix H A. Climate of tropical savannas. In: Ecosystems of the world (13): Tropical savannas, New York: Elsevier, 1983: 37—61

[2] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究 1991; 增刊Ⅳ: 1—139

[3] 刘亮. 中国禾本科牧草资源的分类、地理与利用. 植物学集刊第三集, 1987; 1—22

[4] 曹宗巽, 吴相钰. 植物生理学(上册). 北京: 高等教育出版社, 1984:102—108

[5] 祝廷成. 植物生态学. 北京: 高等教育出版社, 1988: 20—26

[6] 中国科学院云南热带植物研究所. 西双版纳植物名录. 昆明: 云南民族出版社, 1984:1—497

[7] 武吉华, 张绅. 植物地理学(第二版). 北京: 高等教育出版社, 1987: 89—90

[8] 卢崇飞等: 环境数理统计学应用及程序. 北京: 高等教育出版社, 1988: 46—80

[9] Misra R. India savanna. In: Ecosystem of the world(13): Tropical savannas. New York: Elsevier, 1983: 151—166

[10] Puri G S. India forest ecology, vol. 1, New Delhi: Oxford book and stationery co. 1960: 175—198, 246—298

[11] Menaut J C. The vegetation of African savannas. In: Ecosystems of the world(13): Tropical savannas. New York: Elsevier, 1983: 109—149

[12] Sarmiento G. The savannas of tropical America. In: Ecosystems of the world(13):Tropical savannas, New York: Elsevier, 1983: 245—285

* 吴征镒. 植物区系学讲义. 油印稿(第二章). 1984: 60—61